

CONTROLLER FOR ELECTROSTATIC ACTUATOR

Patent Number: JP2241380
Publication date: 1990-09-26
Inventor(s): SATO GORO; others: 01
Applicant(s): HITACHI LTD
Requested Patent: ☐ JP2241380
Application Number: JP19890057750 19890313
Priority Number(s):
IPC Classification: H02N13/00; G11B7/09
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To accelerate positioning by employing a square root calculator in a closed loop, and linearly providing a relationship between a correcting voltage and an output displacement amount.
CONSTITUTION: An electrostatic actuator 1 has movable electrodes 1a-1b, stationary electrodes 1c-1d, etc., and is connected directly to a driving circuit 3 (through a driving direction changeover switch 2). A square root calculator 5 and a subtracter 6 are further provided in a control system. The displacement of the movable unit is detected by a displacement sensor. As a result, relationship between an applying voltage and an electrostatic power (displacement amount) can be made linearly.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

a)

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-241380

⑮ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)9月26日

H 02 N 13/00
G 11 B 7/09

D 7052-5H
D 2106-5D

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑭ 発明の名称 静電形アクチュエータの制御装置

⑯ 特 願 平1-57750

⑰ 出 願 平1(1989)3月13日

⑱ 発 明 者 佐 藤 五 郎 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研
究所内

⑲ 発 明 者 市 川 厚 司 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研
究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

静電形アクチュエータの制御装置

2. 特許請求の範囲

1. アクチュエータを駆動する手段と、アクチュエータの現在位置と目標位置とのずれ量を検出する検出器を備えた、静電アクチュエータにおいて平方根演算器を閉ループの中に設けたことを特徴とする静電形アクチュエータの制御装置。
2. 前記平方根演算器のオフセット電圧を検出し補正電圧を加えることを特徴とする請求項1記載の静電形アクチュエータの制御装置。
3. 入力を平方根演算器に加え、その出力を静電アクチュエータに加えたことを特徴とする静電形アクチュエータ駆動装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は光ディスク装置における微小位置決め用小型静電アクチュエータを精度良く容易に位置決めするのに好適な制御方式に関する。

(従来技術)

従来、非線形特性を持つアクチュエータの代表的なものに油圧サーボ弁がある。電気信号を油圧信号に変換するサーボ弁は、一般にトルクモータ、油圧前段増幅部、スプール弁から構成されている。このスプール弁のスプールとスリーブの間には多かれ少なかれ非線形の固定摩擦が働き、サーボ弁の不感帯やヒステリシスの原因の一つになっている。そこで入力信号にデイズと呼ばれる微小変動する余分の信号を加えて、不感帯やヒステリシスを除去している。

なお、このデイズについては、「サーボ機構とその要素」(株式会社オーム社発行)の第360頁から第369頁において論じられている。

(発明が解決しようとする課題)

上記従来技術は、不感帯やヒステリシスなど、部分的に非線形なものを除去するものであつて、静電アクチュエータのように、静電力が印加、電圧の2乗に比例するような線形の部分が全く無い場合については効果がない。また、静電アクチュ

エータを非線形のままで制御した場合は、目標位置に到達するまでの過程において、出力値が入力値の2乗に比例するので立上りは線形の場合に比べて早い、その反目標位置間近になつてもなかなか収束しないという問題がある。

本発明は静電アクチュエータの容易な制御方式を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記目的を達成するために、本発明の制御方式は、静電力を用いた微小位置決め用小型アクチュエータにおいて、出力変位量をフィードバックさせる制御方式とし、目標位置までの変位量から出力変位量を差引いた後、すなわち閉ループの中に平方根演算器を用いて、アクチュエータに印加する補正電圧と出力変位量の関係を線形にし、目標位置に早く位置決めできるようにしたものである。さらに、ダイオードの特性を利用して平方根演算器を作成した場合に発生するオフセット電圧を検出し、検出電圧によつて前記平方根演算器の出力に補正を加えたものである。

から構成されている。対数回路10及び指数回路12はPN接合ダイオードの電圧-電流特性を利用しており、その関係を次式に、グラフを第7図にそれぞれ示す。

$$I = I_s \left\{ \exp \left(\frac{qV}{kT} \right) - 1 \right\} \\ \approx I_s \cdot \exp \left(\frac{qV}{kT} \right) \quad \dots (3)$$

(3)式で I_s はダイオードに大きな逆バイアスを印加した時に流れる電流値であつて逆方向飽和電流と呼ばれる。 q は電子の電荷(1.62×10^{-19} クーロン) k はボルツマン定数(1.380×10^{-20} ジュール/ケルビン) T は絶対温度である。

(3)式からもわかる様にダイオードに流れる電流が端子間電圧の指数関数となつている。そこでこの特性をもつダイオードを第5図のように増幅回路に用いると出力電圧 v_1 は、入力電圧 v_i の対数関係として表わすことができ次式のようになる。

$$v_1 = - \frac{kT}{q} \ln(v_i / R_1 I_s) \quad \dots (4)$$

(作用)

第8図に電極間に働く静電力の原理図を示す。2枚の電極板15a, 15bを微小間隔 d だけ隔てて対向させ、水平方向に少しずらして配置する。電極の幅を w 、長さを l 、電極間の誘電率を ϵ 、電極間への印加電圧を E とすると、下部電極20bに働く垂直方向の力 F_z 及び水平方向の力 F_x は、次式の様に表わされる。

$$F_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{w l \epsilon}{d^2} E^2 \quad \dots (1)$$

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot \frac{l \epsilon}{d} E^2 \quad \dots (2)$$

(1), (2)式のように、 F_z 及び F_x は印加電圧2乗に比例する。そのため、上記原理を用いて位置決めしようとするとき静電力と電圧との関係が非線形となり制御しにくくなる。そこで制御方式にフィードバック制御を用い閉ループの中に平方根演算器を用いて制御しようとするものである。

第5図に平方根演算器の回路図を示す。対数回路10, 1/2倍回路11, 指数回路12の3つ

同様に、ダイオードを増幅器12aのマイナス入力に用いると、出力電圧 v_2 は入力電圧 v_1 の指数関数として表わすことができ次式のようになる。

$$v_2 = - I_s R_2 \exp(v_1 / q / kT) \quad \dots (5)$$

又、変数を x とすると、指数、対数関数の性質より、次式が成り立つ。

$$\ln x^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \ln x \quad \dots (6)$$

$$\exp(\ln x) = x \quad \dots (7)$$

(6), (7)式を用いれば、平方根は次式のように表わすことができる。

$$\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}} \\ = e^{\frac{1}{2} \ln x} \quad \dots (8)$$

すなわち入力 x の対数を取り、 $\frac{1}{2}$ 倍したものの

指数をとれば平方根演算器を作ることができる。

第5図における平方根演算器のゲインは、(5)式に(4)式を1/2倍して代入すれば次式のように表わされる。

$$v_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_1}} \sqrt{1_s} \cdot \sqrt{v_1} \quad \dots (9)$$

上式のように対数回路10のオペアンプ10aのマイナス入力に接続される抵抗 R_1 と、指数回路12のオペアンプ12aの帰還抵抗 R_2 とで決定される。

しかし、ダイオードを用いた平方根回路には、いくつかの問題点がある。第9図、及び第10図に前記平方根回路の入出力電圧特性を示す。第9図は、回路のゲインが大きい場合で、グラフ17は計算値、グラフ16は測定値を示す。上記の場合は、計算値と測定のゲインが違っているがゲイン補正をすれば計算値と一致する。これに比べ第10図は回路のゲインが小さい場合で、グラフ19は計算値、グラフ18は測定値を示す。ゲインのほうは、大きい場合と同様に相違しているが、さらに大きな問題点としては、入力電圧がゼロの時に出力電圧がゼロとならずオフセット電圧が残る点である。停止の命令にもかかわらず物質は、ある方向に移動するのである。これはアクチュエ

ータの制御としては望ましくない。この問題点の対策としては、オフセット電圧が一定ならば、オフセット電圧分を逆方向に印加すれば相殺されると考えられる。

次に、第6図にモノリシックIC13を用いての平方根演算器を示す。図のように固定抵抗 R 、可変抵抗 r_1 、 r_2 、 r_3 、及びダイオード D を外づけ回路として設けるだけで製作でき、端子 X_0 、 Z_0 及び Y_{10} に接続されている可変抵抗 r_1 、 r_2 、 r_3 を調整すればよい。しかしコストがかかるという問題がある。このようなモノリシックICの1例としては、アナログデバイス社製、型名AD533がある。

次に、入力と出力が比例する場合と、出力が入力の2乗に比例する場合の質点の動きをシミュレーションした結果を説明する。

第12図は出力と入力が比例する場合のブロック線図、第13図は出力が入力の2乗に比例する場合のブロック線図を示す。

まず初めに第12図について説明する。入力変

数23は、質点の移動目標値22からフィードバックされる変位量28、29を減じた信号である。この信号にゲイン定数 K を乗じることにより質点に働く力24が得られ、質点の質量 M で割って加速度25、積分器26を介して速度27、変位量28が得られるようになっている。

次に第13図について説明する。

第12図と異なる点は、入力変数23が乗算器30を介することにより2乗され、フィードバック量28、29は入力変数23の2乗に比例して出力されることである。

この2つの制御系で質点の動きをシミュレーションした結果を第11図に示す。第12図の制御系における変位量28の時間軸応答図をグラフ20に示す。フィードのバック量28、29を加えた値が目標値より小さい場合は、入力変数23、力24加速度25は正となり大きい場合は負となり、これらの動作を繰返ししながら目標値へ収束する。収束する時間は、ゲイン定数 K が大きければより早くなる。第11図のグラフ21は、第13

図の制御系における変位量28の時間軸応答図である。前述した線形な場合に比べ、立上りは早いものの目標値22に近づいてもなかなか収束しない。これはフィードバック量28、29が入力変数23の2乗に比例しているため、ゲイン定数 K よりも入力変数23が大きい場合は、2乗されたフィードバック量28、29は大きくなるが、入力変数23がゲイン定数 K より小さい場合は、より小さくなってしまふからである。これを改善するには、入力変数23の値に対応してゲイン定数 K の値を大きくしたり、小さくしたり制御しなければ早く収束しない。具体的には、目標値より近い場合は、ゲイン定数 K を小さく、近い場合は大きくしなければならない。

以上、入力と出力の関係が比例している場合（線形）と2乗に比例する場合（非線形）について目標値に収束するまでの過程を比べたが、線形の場合のほうがより早く簡単に制御できる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を第1図から第4図を

用いて説明する。

第1図は本実施例の基本構成図を示す。静電アクチュエータ1の可動電極1a, 1bは、固定電極1c, 1dに対してXの負方向にずらして配設されている。可動電極1a, 1bは、直接駆動回路3に接続されており固定電極1c, 1dは駆動方向切換スイッチ2を介して駆動回路3に接続されている。また、静電アクチュエータには可動部の変位を検出する変位センサ4が設けてある。制御系は、駆動回路3、平方根演算器5、減算器6、駆動方向切換スイッチ2から構成されている。

次に、本実施例の動作について説明する。まず、初めに、Xの正方向に駆動する場合について説明する。

第3図に第1図の制御系のフローチャートを示す。目標値Aが決定されると、駆動回路3により可動電極1aには正の電圧を、1bには負の電圧を印加し駆動方向切換スイッチ2をa a'側に倒し、対向する固定電極1cには負の電圧を、

1dには正の電圧を印加する。すると、可動電極1a, 1bと固定電極1c, 1dとの間に横方向の力が働き、可動電極1a, 1bはXの正方向に移動する。この変位量を静電アクチュエータ1に取付けられた変位センサ4により検出し、目標値Aと比較する。減算器6により差引かれた値を平方根演算器5を介することにより静電アクチュエータ1に印加する電圧と、フィードバックされた変位量Bとの関係を線形にし駆動回路3に信号を送る。ここで、差引値の符号により動作が異なってくる。差引値が負の場合は目標値Aに到達していないことになり差引値分に相当する電圧を印加する。正の場合は目標値Aよりも移動しすぎたことになり駆動方向切換スイッチ2をb b'側に倒し、固定電極1c, 1dの極性を反転して電圧を印加しXの負方向に移動させる。上記の動作を目標値Aに収束するまで繰返す。

Xの負方向に駆動する場合は、駆動方向切換スイッチ2をb b'側に倒し、上記の動作と同様に行えば良い。

本実施例では、平方根演算器5を減算器6のあとに設けたが、第2図に示すように駆動回路3のあとに設けても良い。すなわち、フィードバック制御において平方根演算器を閉ループ内であれば任意位置設けられる。

以上述べた実施例では、平方根演算器が理論値通りに作動した場合であり、作用で説明したようなダイオードを用いた平方根演算器の場合はオフセット電圧を取り除かなくてはならない。

第4図は、ダイオードを用いた平方根演算器を静電アクチュエータの制御に適用した場合の構成図を示す。静電アクチュエータの可動電極7aは対向する固定電極8aに対してXの正方向にずれており、可動電極7bは固定電極8bに対してXの負方向にずれて配設してある。また駆動回路3及び平方根補正回路9は駆動方向切換スイッチ2を介してそれぞれ可動電極7a, 7b、固定電極8a, 8bに接続されている。静電アクチュエータ1をXの正方向に駆動する場合は、駆動方向切換スイッチ2をb側に倒し駆動回路3よつて可動

電極7aと固定電極8aの間に電圧を印加する。同時に可動電極7bと固定電極8bの間には平方根補正回路9によつてXの負方向に補正電圧を印加することによりオフセット電圧を取り除くことができる。

Xの負方向に駆動する場合も駆動方向切換スイッチ2をa側に倒すことにより行える。

以上のように、平方根演算器の特性でオフセット電圧が表われるような場合は、駆動方向によつてアクチュエータの電極を区別して配設すれば良い。

本実施例によれば、低コストな平方根演算器で制御を容易にできる効果がある。

〔発明の効果〕

本発明の方式で静電アクチュエータを制御すれば、印加電圧と静電力（変位量）の関係を線形にすることができ、平方根演算器を設けない場合に比べて短時間で目標値に収束することができる。

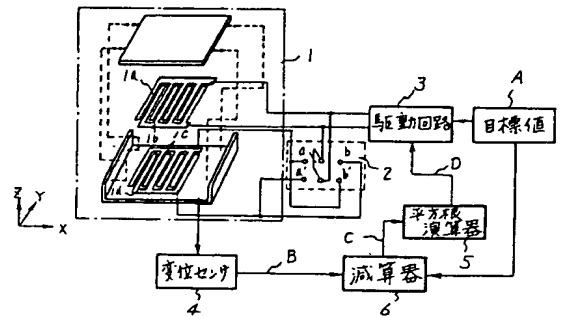
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の基本構成図、第2

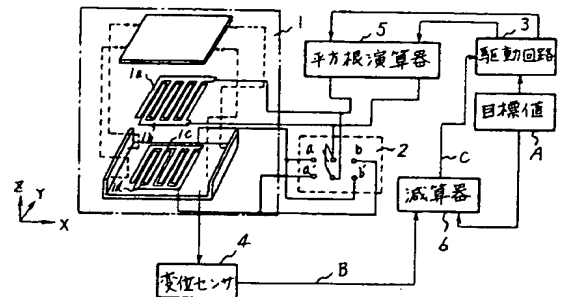
図は、本発明の他の実施例の基本構成図、第3図は第1図の制御系のフローチャート図、第4図はダイオードを用いた平方根演算器を適用した場合の補正方法の説明図、第5図はダイオードを用いた平方根演算器の回路図、第6図はモノリシックICを用いた平方根演算器の回路図、第7図はPN接合ダイオード電圧-電流特性図、第8図は電極間に作用する静電力の原理図、第9図、第10図は、ダイオードを用いた平方根演算器の入出力特性図、第11図は変位の動作をシミュレーションした場合の変位量の時間軸応答図、第12図、第13図は第11図のブロック線形である。1…駆動アクチュエータ、2…駆動方向切換えスイッチ、3…駆動回路、4…変位センサ、5…平方根演算器、6…減算器。

代理人 井理士 小川勝男

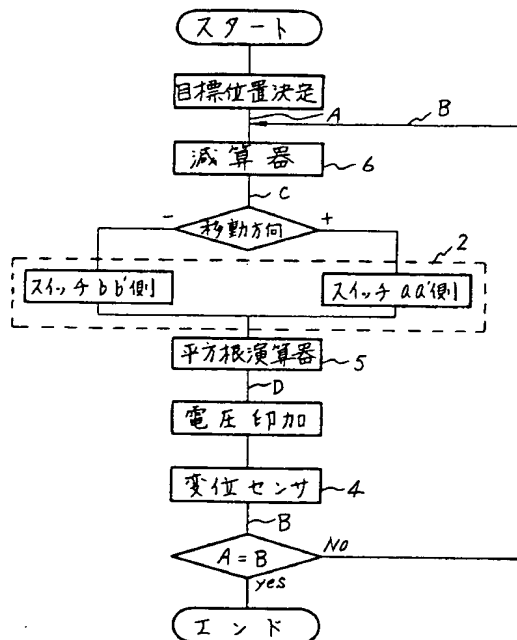
第1図



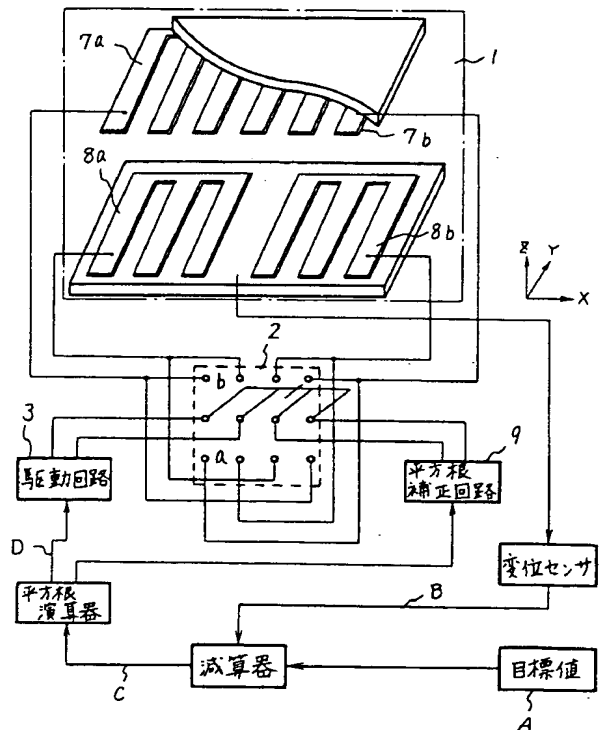
第2図



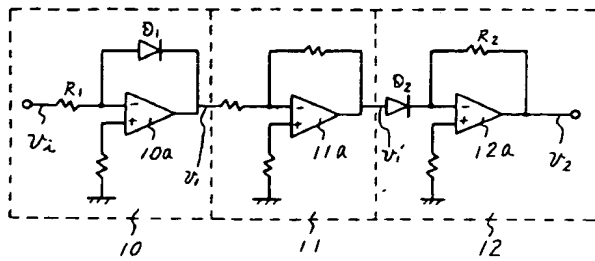
第3図



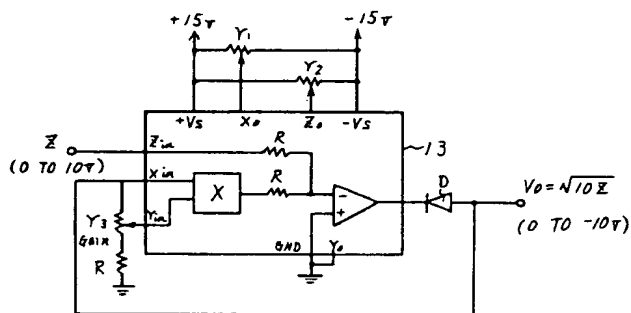
第4図



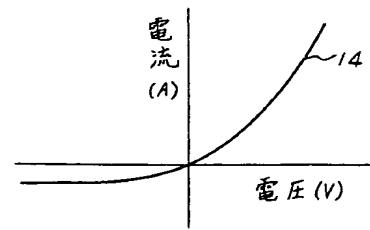
第 5 図



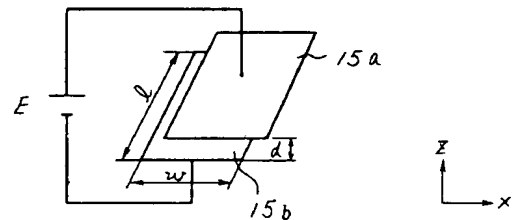
第 6 図



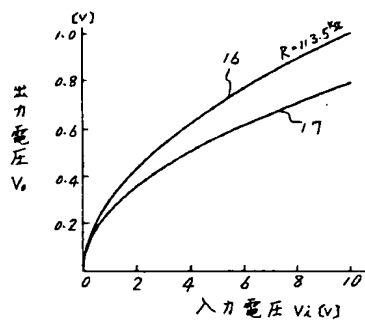
第 7 図



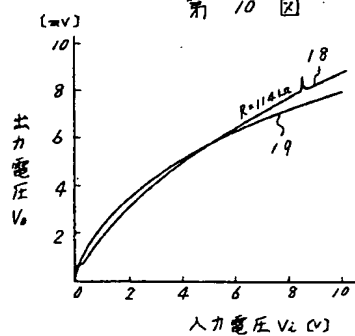
第 8 図



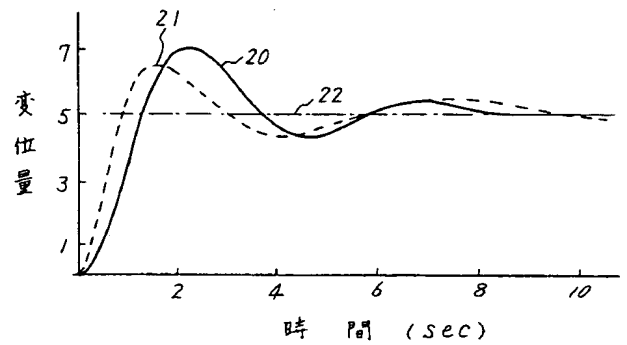
第 9 図



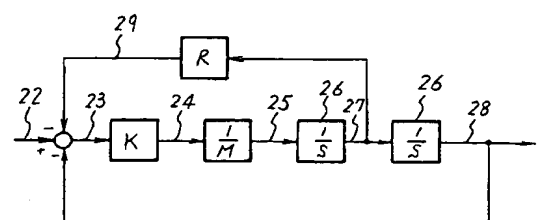
第 10 図



第 11 図



第 12 図



第 13 図

